PART4　電気分解の工業的利用

目標　・電気分解の工業的利用にはどんなものがあるか押さえよう！

Chapter1　水酸化ナトリウムの製造

要点

水酸化ナトリウムの製造

・陽極：電極 C，NaClaq

　陰極：電極 Fe，希薄な NaOHaq

両極の電解液を陽イオン交換膜で仕切る。

◆ 水酸化ナトリウムの製造　重要

陽極　電極　：C

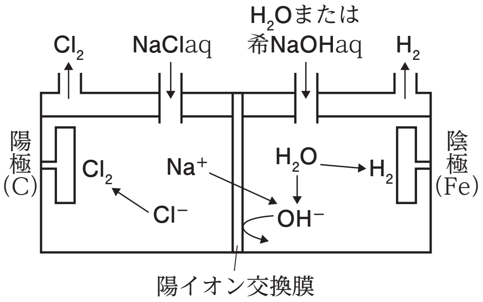
電解液：NaClaq

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

陰極　電極　：Fe

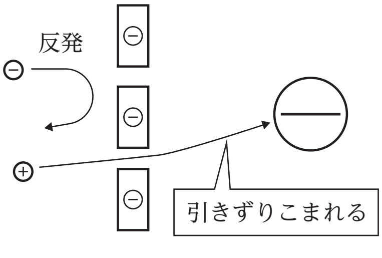
電解液：希薄な NaOHaq

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$



◆ 陽イオン交換膜　重要

陽イオン交換膜とは，陽イオンだけを通過させる膜である。膜が負に帯電しているため，陰イオンは反発により通過できないが，陽イオンは通過できる。

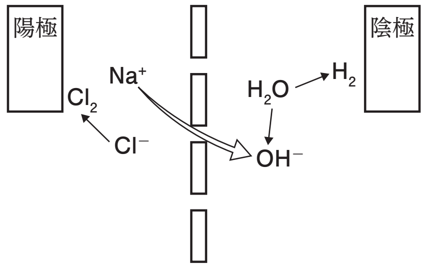


NaOH の製造では，両極の電解液を陽イオン交換膜で仕切る。仕切っていないと，陽極で発生する Cl_2 と陰極で生成する OH^- が中和反応を起こすためである。

$Cl_2 + 2OH^- \rightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

陽イオン交換膜で仕切ることにより，Na^+ が陽極側から陰極側に移動し陰極側で

NaOH が生成する。このようなイオン交換膜を用いた製造法を**イオン交換膜法**という。



陽イオン交換膜

◆ 陰極側に希薄なNaOHaqを用いる理由 重要

陰極で反応するのは H_2O なので, 陰極の電解液は H_2O のみで良いはずである。しかし, H_2O はほとんど電離しておらずイオンが極めて少ない。よって，少量の NaOH を加えて電流を流れやすくしている。

まとめ

・NaOH の製造では，陽極の電解液に（　　　　　　　　　　），陰極の電解液に希薄な（　　　　　　　　　　）を用いて電気分解をおこなう。両極の電解液を（　　　　　　　）で仕切る。

Chapter2　アルミニウムの製造（溶融塩電解）

要点

アルミニウムの製造（溶融塩電解）

電極：両極とも C

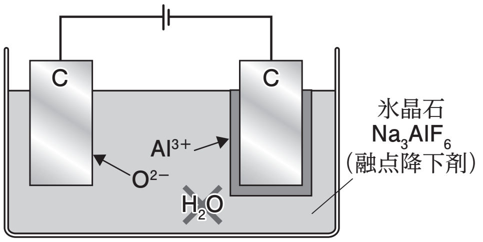
電解液：Al_2O_3 融解液（＋氷晶石 Na_3AlF_6）

◆ 溶融塩電解（融解塩電解） 重要

電解液に融解液を用いた電気分解を**溶融塩電解（融解塩電解）**といい，通常，軽金属の製法に利用される。

融解液は，固体を融点まで加熱して液体にしたものなので H_2O が存在していない。それを踏まえ，各極でどんな反応が起こるか考えていこう。

◆ アルミニウムの製造（Al_2O_3の溶融塩電解） 重要



電解液　Al_2O_3 融解液
（＋氷晶石 Na_3AlF_6）

陽極　電極 C

$C + O^{2-} \rightarrow CO + 2e^-$

$C + 2O^{2-} \rightarrow CO_2 + 4e^-$

酸化されやすい C を電極に用いることで反応が進み，CO や CO_2 が発生する。

陰極　電極 C

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$

H_2O が存在しないため，通常は析出しない軽金属の Al が電子を処理して析出する。

◆ 氷晶石を用いる理由 重要

Al_2O_3 の融点は約 2000℃と非常に高いため，融解液を作るためにコストがかかる。

そこで，融点降下剤として氷晶石 Na_3AlF_6 を加えて融解させる。それにより約 1000℃で融解させることができる。

氷晶石 Na_3AlF_6 は，以下の点で融点降下剤として適切である。
・Al よりイオン化傾向の小さい金属が含まれていない。
・融解したときに多数のイオンに分かれる。（融点降下度は粒子数に比例する）

まとめ

・ Al の製造では，両極の電極に（　　　　　），電解液に（　　　　　　　）を用いる。

Chapter3　銅の電解精錬

要点

銅の電解精錬

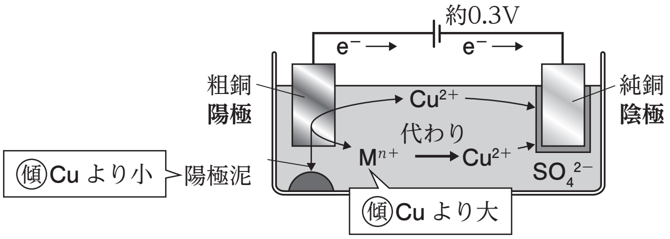
陽極に粗銅（不純物を含む銅），陰極に純銅を用いて硫酸酸性の硫酸銅（Ⅱ）水溶液を電気分解する。

◆ 銅の電解精錬 重要

銅は主に黄銅鉱 $CuFeS_2$ として産出される。黄銅鉱から取り出した銅には不純物が含まれており（純度約 99%），これを**粗銅**（そどう）という。

粗銅に含まれる不純物を取り除き，純度の高い銅を得る操作に利用されているのが電気分解で，この操作を**電解精錬**という。

銅の電解精錬は，陽極に粗銅，陰極に純銅を用いて硫酸酸性の硫酸銅（Ⅱ）$CuSO_4$ 水溶液を電気分解する。



陽極の変化

電極の溶解により，銅と不純物が溶解することになる。このとき，イオン化傾向が Cu より大きい不純物はイオンとして水溶液中に溶け出し，イオン化傾向が Cu より小さい不純物は単体のまま陽極の下にたまる（**陽極泥**という）。

・Cu

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

・不純物

イオン化傾向が Cu より大（Zn・Ni など）：$M \rightarrow M^{n+} + ne^-$

イオン化傾向が Cu より小（Ag・Au など）：**陽極泥**

陰極の変化

溶液中に存在する金属（陽）イオンの中で一番イオン化傾向が小さい Cu^{2+} が e^- を処理して Cu が析出する。

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

このとき，他の重金属イオンである Zn^{2+} などが析出しないよう，低電圧で電気分解をおこなうのがポイントである。

まとめ

・銅の電解精錬は，陽極に（　　　　），陰極に（　　　　）を用いて，

（　　　　　　　　　　）を電気分解する。

粗銅に含まれる不純物のうち，イオン化傾向が Cu より小さい金属は

（　　　　）として析出する。

Chapter4　演習問題

問　陽極の電極に炭素 C，電解液に塩化ナトリウム水溶液を，陰極の電極に鉄 Fe，電解液に希薄な水酸化ナトリウム水溶液を用いて，両極を陽イオン交換膜で仕切り電気分解をおこなった。

(1)　各極で起こる化学変化を e^- を含む反応式で書け。

(2)　陽イオン交換膜を通過するイオンの化学式を書け。また，どちらの極からどちらの極に移動するか答えよ。

< Note >

第6講 PART4 確認問題

問1 水酸化ナトリウムの製造では，陽極の電極に炭素，陰極の電極に鉄，両極の電解液に(a)それぞれ異なる水溶液を用いて，電気分解がおこなわれている。なお，両極の電解液の間は（ ア ）で仕切られている。最終的に水酸化ナトリウムは（ イ ）側で生成する。

(1) 文中の下線部(a)について，陽極側で用いられている水溶液として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① NaClaq　② Na_2CO_3aq

③ 希薄な NaOHaq　④ 濃い NaOHaq

(2) 文中の（ ア ）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 陽イオン交換膜　② 陰イオン交換膜

③ 素焼き板

(3) 文中の（ イ ）に当てはまる語句として適当なものを，次の①，②のうちから一つ選べ。

① 陽極　② 陰極

問2 アルミニウムの製造では，両極の電極に（ ア ），電解液に Al_2O_3 融解液を用いて，電気分解がおこなわれている。Al_2O_3 は，融点が約 2000℃と非常に高いため，融点降下剤として氷晶石を加えて融解させており，これにより約（ イ ）℃で融解させることができる。

また銅の電解精錬は，陽極に粗銅，陰極に純銅を用いて，硫酸酸性の（ ウ ）水溶液を電気分解する。この際，陰極では銅が析出し，(a)陽極では不純物がイオンとして溶出，あるいは陽極泥として沈殿する。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① Pt　　② Fe
③ C　　④ Al

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 100　　② 500
③ 1000　　④ 1500

(3)　文中の（　ウ　）に当てはまる化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $CuCl_2$　　② $Cu(NO_3)_2$
③ $CuCO_3$　　④ $CuSO_4$

(4)　文中の下線部(a)について，次の①～④の金属のうち，粗銅に不純物として含まれていた場合に陽極泥として沈殿するものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① Al　　② Ag
③ Ca　　④ Zn

第 6 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

NaOH の製造では，陽極側の電解液に塩化ナトリウム NaCl 水溶液，陰極の電解液に希薄な水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を用いている。

(2)　①

解説：

NaOH の製造では，両極の電解液が陽イオン交換膜で仕切られている。

(3)　②

解説：

NaOH の製造では，Na^+ が陽極側から陰極側に移動し，陰極側で NaOH が生成する。

問 2

(1)　③

解説：

アルミニウムの製造では，両極の電極に炭素 C を用いる。

(2)　③

解説：

Al_2O_3 は融点が約 2000℃と非常に高いが，融点降下剤として氷晶石を加えて融解させると，約 1000℃で融解させることができる。

⑶　④

解説：

銅の電解精錬は，陽極に粗銅，陰極に純銅を用いて，

硫酸酸性の硫酸銅（Ⅱ）$CuSO_4$ 水溶液を電気分解する。

⑷　②

解説：

陽極泥として析出するのは，Cu よりイオン化傾向が小さい金属なので，Ag が該当する。